

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-167221

(43)Date of publication of application : 13.06.2003

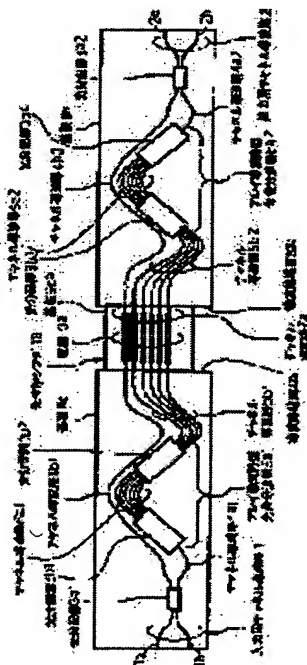
(51)Int.Cl.

G02F 1/01
G02B 6/12
G02F 1/025
G02F 1/035
G02F 1/065
G02F 1/095
G02F 1/313

(21)Application number : 2001-367219 (71)Applicant : HITACHI CABLE LTD

(22)Date of filing : 30.11.2001 (72)Inventor : MARU KOICHI
OKAWA MASAHIRO
CHIBA TAKASHI
UETSUKA NAOTO

(54) WAVEGUIDE TYPE OPTICAL ELEMENT



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a waveguide type optical element which can easily control the phase of an interference device and easily acquire a desired optical frequency characteristic.

SOLUTION: An optical phase shifter 11a (11b to 11d) uses a refractive index change caused by an electro-optic effect, a photoelastic effect, or a magneto-optical effect without using the heat of a heater. Thereby, certain optical phase shifter 11a (11b to 11d) vanishingly affects other adjacent optical phase shifters 11a (11b to 11d).

Accordingly, the phase control becomes easy and it becomes easy to acquire the desired optical

frequency characteristic.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

***NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The waveguide mold light corpuscle child characterized by consisting of substrate ingredients with which it is a waveguide mold light corpuscle child containing the optical phase shifter which two or more channel waveguides adjoin at the predetermined spacing, are arranged, and comes to form an electrode on this channel waveguide, and said optical phase shifter has the electro-optical effect, a photoelastic effect, or the magneto-optical effect.

[Claim 2] He is the waveguide mold light corpuscle child according to claim 1 by whom each channel waveguide is being aslant connected to said connection end face in the connection end face of the channel waveguide which the above-mentioned waveguide mold light corpuscle child consists of a waveguide mold light corpuscle child body and an another object of the above-mentioned optical phase shifter, and constitutes the above-mentioned optical phase shifter, and said waveguide mold light corpuscle child body.

[Claim 3] The above-mentioned waveguide mold light corpuscle child body is a waveguide mold light corpuscle child according to claim 1 or 2 who consists of a quartz system ingredient.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a waveguide mold light corpuscle child.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the field of optical communication, two or more signals are put on the light of separate wavelength, and the so-called wavelength division multiplexing to which information capacity is made to increase is examined by transmitting with one optical fiber. In this wavelength division multiplexing, in order to realize improvement in the speed of a signal, and large capacity-ization, suppressing signal degradation, a role with the important technique of compensating the light wave length distribution which produces the gain property of the optical fiber amplifier connected in the relay point by the technique which carries out flattening dynamically, or the transmission system is played. It considers as the optical device which performs flattening of a gain property, and distributed compensation dynamically, and the adjustable gain equalizer and distributed compensator of various configurations are proposed.

[0003] A quartz system planar light wave circuit (PLC) is used especially. A Mach-Zehnder interferometer, The waveguide mold light corpuscle child who formed the optical phase shifter in the middle of the channel waveguide which makes basic structure optical interference machines, such as an array waveguide grid and a ring resonator, and constitutes such structures By the optical phase change in an optical phase shifter, various optical frequency properties (a frequency-loss property and frequency-distribution property) can be realized, and active researches and developments are furthered with maturation of a PLC formation technique.

[0004] Drawing 5 is a top view which is used in order to control a frequency-loss property and in which showing the conventional example of the Mach TSUENDA mold adjustable gain equalizer using the quartz system PLC.

[0005] This adjustable gain equalizer in the middle of the channel waveguide [on the other hand / (drawing lower part)] four a1 of the Mach-Zehnder interferometer which consisted of waveguides between the 2x2 light distributor three a1 of 2 input 2 output, and the 2x2 light distributor three a2 of 2 input 2 output, and four a2 The channel

waveguide five a1 from which the optical distributor three b1 to 3b4 and predetermined die-length [every] die length differ, the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a1 which consisted of five a2, and six a2 are inserted.

[0006] Namely, two channel waveguides 1 (1a, 1b) for an input formed in the substrate 9 so that an input edge might expose this adjustable gain equalizer to one end face (drawing left end side) of a substrate 9, The 2x2 light distributor three a1 by which the input edge was connected to the outgoing end of the channel waveguide 1 for an input, The channel waveguide four a1 by which the input edge was connected to the outgoing end [on the other hand / (drawing lower limit)] of the 2x2 light distributor three a1, The array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a1 by which the input edge was connected to the outgoing end of the channel waveguide four a1, Two or more channel waveguide 5b by which the input side was connected to the outgoing end of the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a1, The array waveguide mold multi/demultiplexer six a2 by which the input side was connected to the output side of channel waveguide 5b, The 2x2 light distributor four a2 by which one input edge was connected to the outgoing end of the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a2, Two channel waveguides 2 (2a, 2b) for an output formed so that an input edge might be connected to the outgoing end of the 2x2 light distributor three a2 and an outgoing end might be exposed to the other-end side (drawing right end side) of a substrate 9, It consists of channel waveguide 4b connected between the outgoing end (drawing on) of another side of the 2x2 light distributor three a1, and the input edge (drawing on) of another side of the 2x2 light distributor three a2, and a heater 8 formed so that a part of channel waveguides 4b and 5b might be covered.

[0007] The optical phase shifter is constituted from this adjustable gain equalizer by the channel waveguides 4b and 5b and the heater 8.

[0008] Input signal light is distributed to the channel waveguide four a1 of both Mach-Zehnder interferometers, and 4b. It is separated spectrally for every wavelength by the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a1, one signal light receives a phase change by the intermediate optical phase shifter, and it is again multiplexed by the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a2. This multiplexing light and the light which passed channel waveguide 4b interfere each other, and it outputs from the channel waveguide 2 for an output.

[0009] Here, by adjusting the current impressed to each heater 8, the phase of signal light can be adjusted, an interference condition can change for every wavelength, and various optical frequency properties can be realized. "Integrated WDM dynamic power equalizer with potentially low insertion loss" according to C.R.Doerr and others about this circuitry, IEEE Photon. Technol. Lett., Vol.10, No.10, and pp.1443- it is stated to 1445 and 1998 in detail.

[0010] Drawing 6 is the top view showing the conventional example of a transversal mold adjustable gain equalizer.

[0011] The channel waveguide 1 for an input formed in the substrate 9 so that an input edge might expose this adjustable gain equalizer to one end face (drawing left end side) of a substrate 9, The 1x5 light distributor 3c1 which distributes to five the signal light which connected with the other end (drawing right end) of the channel waveguide 1 for an input, and the input edge inputted, Five channel waveguides 5c1 from which an input edge is connected to the outgoing end of the 1x5 light distributor 3c1, and predetermined die-length [every] die length differs, Mach-Zehnder interferometer 21 of two or more zero-order actuation connected to the outgoing end of the channel waveguide 5c1, The 5x1 light distributor connected to the output side of the channel waveguide 5c2 from which an input side is connected to the output side of Mach-Zehnder interferometer 21, and predetermined die-length [every] die length differs, and the channel waveguide 5c2 (the I/O side of the 1x5 light distributor 3c1 is formed on the contrary.) It consists of 3c2 and channel waveguide 2 for an output formed in the substrate 9 so that an input edge might be connected to the outgoing end of the 5x1 light distributor 3c2 and an outgoing end might be exposed to the other-end side (drawing right end side) of a substrate 9.

[0012] Mach-Zehnder interferometer 21 3d of 1x2 light distributors of five 1 input 2 outputs formed in the center of a substrate 9 1, Five 2x1 light distributors formed on the substrate 9 so that it might counter with 1 3d of 1x2 light distributors (the ON appearance side of 1 is formed on the contrary 3d of 1x2 light distributors.) each 1 [3d2 and] -- x2 light distributor 3d1 and every -- a part of two or more pairs channel waveguide 5e inserted among 2 3d of 2x1 light distributors, and each channel waveguide 5e -- a wrap -- it consists of ten heaters 8 arranged like. The optical phase shifter consists of forming a heater 8 on channel waveguide 5e of this Mach-Zehnder interferometer 21.

[0013] By adjusting the current impressed to the heater 8 on Mach-Zehnder interferometer 21, the amplitude and phase of the light which passes each channel waveguide 5e can be adjusted to coincidence. Output light is expressed

with the Fourier series which use as a component the amplitude and phase of the light which passes each channel waveguide 5c2, and can realize various optical frequency properties by adjusting the current of each heater 8.

[0014] Drawing 7 is the top view showing the conventional example of a lattice mold adjustable gain equalizer.

[0015] This adjustable gain equalizer has composition which carried out the series connection of the Mach-Zehnder interferometer, and serves as the same circuitry as the lattice filter used abundantly as a digital filter.

[0016] Namely, two channel waveguides 1 (1a, 1b) for an input formed in the substrate 9 so that an input edge might expose this adjustable gain equalizer to one end face (drawing left end side) of a substrate 9, The 2x2 light distributor three a1 of 2 input 2 output with which the input edge was formed in the outgoing end of the channel waveguide 1 for an input, An end 5f of two channel waveguides connected to the outgoing end of the 2x2 light distributor three a1 1, The 2x2 light distributor three a2 by which the input edge was connected to the outgoing end of 1 5f of channel waveguides, An input edge 5f of two channel waveguides connected to the outgoing end of the 2x2 light distributor three a2 2, The 2x2 light distributor three a3 by which the input edge was connected to the outgoing end of 2 5f of channel waveguides, and an input edge 5f of two channel waveguides connected to the outgoing end of the 2x2 light distributor three a3 3, The 2x2 light distributor three a4 by which the input edge was connected to the outgoing end of 3 5f of channel waveguides, Two channel waveguides 2 (2a, 2b) for an output formed in the substrate 9 so that an input edge might be connected to the outgoing end of the 2x2 light distributor three a4 and the other end might be exposed to the other-end side (drawing right end side) of a substrate 9, It consists of six heaters 8a-8f formed on channel waveguide [5f / 1-5f] 3, respectively. The optical phase shifter consists of forming 8f from heater 8a on channel waveguide [5f / 1-5f] 3, respectively. This adjustable gain equalizer can realize various optical frequency properties by adjusting a heaters [which were formed on the Mach-Zehnder interferometer / 8a-8f] current.

[0017] "Synthesis of coherent two-port lattice-form optical delay-line circuit" according to L.Junguji and others about the circuitry of this adjustable gain equalizer, and J.Lightwave Technol., Vol.13, No.1, and pp.73- it is stated to 82 and 1995 in detail.

[0018] Also in which configuration, the current impressed to a heater can be adjusted, the phase change of the light in an optical phase shifter can be adjusted, and a desired frequency-loss property can be realized.

[0019]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in the conventional adjustable gain equalizer and conventional distributed compensator using the quartz system PLC, there was a method of forming a heater on channel waveguide as mentioned above, adjusting the current impressed to a heater as the phase adjustment approach, and adjusting generation of heat of a heater. This approach uses the refractive-index change by the thermo-optic effect of a quartz.

[0020] However, by this approach, in order to use for a phase change the heat generated from a heater, heat is spread in many cases to the waveguide and other optical phase shifters other than an optical phase shifter.

[0021] If spacing (spacing of channel waveguide) of the optical phase shifter which specifically adjoins is set to about 1mm or less, the effect of heat will arise between adjoining optical phase shifters. When spacing of an adjoining optical phase shifter is 1mm or less and the amount of phase fluctuation of the optical phase shifter concerned when heating the heater of an optical phase shifter is made into 100%, the amount of phase fluctuation becomes 10% or more, and it becomes impossible for example, for the optical phase shifter which adjoins the optical phase shifter concerned to also disregard the effect of the heat between adjoining optical phase shifters.

[0022] Thus, when waveguides other than the optical phase shifter of a request of the heat generated at the heater are heated, refractive-index change will arise and a phase change will also produce the waveguide which constitutes the optical phase shifter also except a desired optical phase shifter. Therefore, there was a problem that the phase control in an interference machine will become difficult, and it will become difficult to acquire a desired optical frequency property.

[0023] Then, the purpose of this invention solves the above-mentioned technical problem, and is to offer a waveguide mold light corpuscle child with the easy phase control in an interference machine, and easy acquiring a desired optical frequency property.

[0024]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, two or more channel waveguides adjoin at the predetermined spacing, and the waveguide mold light corpuscle child of this invention is stationed, and it consists of substrate ingredients with which it is a waveguide mold light corpuscle child containing the optical

phase shifter which comes to form an electrode on channel waveguide, and an optical phase shifter has the electro-optical effect, a photoelastic effect, or the magneto-optical effect.

[0025] In the connection end face of the channel waveguide and the waveguide mold light corpuscle child body which the waveguide mold light corpuscle child of this invention consists of a waveguide mold light corpuscle child body and an another object of an optical phase shifter in addition to the above-mentioned configuration, and constitute an optical phase shifter, each channel waveguide may be aslant connected to the connection end face.

[0026] It is desirable that the waveguide mold light corpuscle child body of the waveguide mold light corpuscle child of this invention consists of a quartz system ingredient in addition to the above-mentioned configuration.

[0027] Since according to this invention an optical phase shifter does not use the heat at a heater but the refractive-index change by the electro-optical effect, the photoelastic effect, or the magneto-optical effect is used, most effects which a certain optical phase shifter does to the optical phase shifter which others adjoin can be disregarded. Therefore, phase control becomes easy and it becomes easy to acquire a desired optical frequency property.

[0028]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained in full detail based on an accompanying drawing.

[0029] Drawing 1 is the top view showing the gestalt of the 1st operation of the waveguide mold light corpuscle child of this invention. In addition, the common sign was used for the same member as the conventional example.

[0030] This waveguide mold light corpuscle child is a Mach TSUENDA mold adjustable gain equalizer, it used to be formed on the substrate with which the 1st waveguide mold light corpuscle child body (left-hand side of drawing) differs from the 2nd waveguide mold light corpuscle child body (right-hand side of drawing), respectively, and the 1st and 2nd waveguide mold light corpuscle child bodies used to be connected by the optical phase shifter (center of drawing) which consisted of ingredients which have the electro-optical effect.

[0031] The 1st waveguide mold light corpuscle child body inserts the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a1 in the middle of one channel waveguide four a1 of a Mach-Zehnder interferometer. Two channel waveguides 1 (1a, 1b) for an input formed in substrate 9a so that it might expose to one end face (drawing left end side) of substrate 9a which an end becomes from a quartz, The 2x2 light distributor three a1 by which the input edge was connected to the other end of the channel waveguide 1 for an input, The array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a1 by which the input edge was connected to the outgoing end [on the other hand / (drawing lower limit)] of the 2x2 light distributor three a1, Plurality formed in substrate 9a so that an input side might be connected to the outgoing end of the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a1 and an output side might be exposed to other-end side 22of substrate 9a a (it is not limited although it is five by a diagram.) It consists of channel waveguide five b1 and channel waveguide four b1 formed in substrate 9a so that an end might be connected to the outgoing end of another side (drawing on) of the 2x2 light distributor three a1 and the other end might be exposed to other-end side 22of substrate 9a a.

[0032] It is formed the channel waveguide four b1 and near the outgoing end of five b1 so that it may become perpendicular to end-face 22a of the other end of substrate 9a. Moreover, the channel waveguide four b1 differs from the die-length [every] die length predetermined in five b1.

[0033] The 2nd waveguide mold light corpuscle child body inserts the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a2 in the middle of one channel waveguide four a2 of a Mach-Zehnder interferometer. Plurality formed in substrate 9b so that it might expose to one end-face 22b of substrate 9b which an input side becomes from a quartz (it is not limited although it is five by a diagram.) The channel waveguide five b2 and the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a2 by which the input edge was connected to the other end of the channel waveguide five b2, The channel waveguide four a2 by which the input edge was connected to the outgoing end of the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a2, The 2x2 light distributor three a2 by which one input edge (drawing under) was connected to the outgoing end of the channel waveguide four a2, The channel waveguide four b2 by which it was formed in substrate 9b and the other end was connected to the input edge (drawing on) of another side of the 2x2 light distributor three a2 so that an end might be exposed to one end-face 22b of substrate 9b, It consists of two channel waveguides 2 (2a, 2b) for an output formed so that an input edge might be connected to the outgoing end of the 2x2 light distributor three a2 and the other end might be exposed to the other-end side (drawing right end side) of substrate 9b.

[0034] It is formed the channel waveguide four b2 and near the input edge of five b2 so that it may become spacing equal to spacing by the side of the channel waveguide four b1 of the 1st waveguide mold light corpuscle child body, and the other end close attendants of five b1 perpendicularly to end-face 22of substrate 9b b. Moreover, the channel waveguide five b2 differs from the die-length [every] die length predetermined in five a2.

[0035] Substrate 9ca which consists of lithium niobate (LiNbO₃) which is an electro-optics crystal as an ingredient with which optical phase-shifter 11a has the electro-optical effect, It consists of channel waveguide 7a formed so that it might become spacing by the side of parallel and the channel waveguide four b1 of the 1st waveguide mold light corpuscle child body, and the other end side 22a close attendants of five b1 at equal spacing at a substrate 9ca top, and electrode 10a formed on channel waveguide 7a, respectively.

[0036] Next, actuation of this waveguide mold light corpuscle child is explained.

[0037] The signal light inputted into the channel waveguide 1 for an input is distributed to two by the 2x2 light distributor three a1 of a Mach-Zehnder interferometer (1st waveguide mold light corpuscle child body), and passes along two channel waveguides four a1 and four b1.

[0038] Among two channel waveguides four a1 and the signal light which passes along four b1, one signal light is separated spectrally for every wavelength by the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a1, and a connoisseur inputs the channel waveguide five b1 into each channel waveguide 7a of optical shifter 11a, respectively. A phase change is received by optical phase-shifter 11a, it is multiplexed by the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a2 through the channel waveguide five b2 of the 2nd waveguide mold light corpuscle child body, and the signal light which passes along channel waveguide 7a is inputted into the 2x2 light distributor three a2.

[0039] The signal light of another side among two channel waveguides four a1 and the signal light which passes along four b1 After passing along the channel waveguide four b1 of the 1st waveguide mold light corpuscle child body, a phase change is received by optical phase-shifter 11a. It passes along the channel waveguide four b2 of the 2nd waveguide mold light corpuscle child body, it inputs into the 2x2 light distributor three a2, interferes with the signal light from the array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer six a2, and outputs from the channel waveguide 2 for an output.

[0040] Here, a phase can be adjusted by adjusting the electrical potential difference impressed to electrode 10a formed on channel waveguide 7a of each optical phase-shifter 11a, an interference condition can change for every wavelength, and various optical cycle properties can be realized.

[0041] Since this waveguide mold light corpuscle child's optical phase-shifter 11a does not use heat but the refractive-index change by the electro-optical effect is used, most effects which certain optical phase-shifter 11a does to optical phase-shifter 11a which others adjoin can be disregarded. The effect on the optical phase shifter which specifically adjoins even if it brings spacing of an optical phase shifter close to about at least 100 micrometers checked the small thing to the extent that it could be disregarded. Therefore, phase control becomes easy and a desired optical frequency property can be acquired easily. moreover, since spacing of an optical phase shifter is boiled markedly and can be narrowed, a waveguide mold light corpuscle child's miniaturization can also be attained to coincidence.

[0042] Drawing 2 is the top view showing the gestalt of the 2nd operation of the waveguide mold light corpuscle child of this invention.

[0043] This waveguide mold light corpuscle child is a transversal mold adjustable gain equalizer, and consists of optical phase shifters (center of drawing) which use as a substrate LiNbO₃ connected like the waveguide mold light corpuscle child who showed drawing 1 between the 1st [which uses a quartz as a substrate], and 2nd waveguide mold light corpuscle child bodies (both sides of drawing), and the 1st and 2nd waveguide mold light corpuscle child bodies.

[0044] The channel waveguide 1 for an input formed in substrate 9a so that an end (drawing left end) might expose the 1st waveguide mold light corpuscle child body (left-hand side of drawing) to one end face of substrate 9a, It is N (it is not limited although it is five by a diagram.) two or more about the signal light which connected with the other end of the channel waveguide 1 for an input, and the input edge inputted. The 1xN light distributor 3c1 to distribute and the channel waveguide 5c1 of N book with which an input edge is connected to the outgoing end of the 1xN light distributor 3c1, and predetermined die-length [every] die length differs, 3d of 1x2 light distributors which distribute to two the signal light which connected with the other end of each channel waveguide 5c1, and the input edge

inputted 1, It consists of 2-N channel waveguides five e1 formed in substrate 9a so that an input edge might be connected to the outgoing end of 1 3d of 1x2 light distributors, respectively and the other end might be exposed to other-end side 22of substrate 9a a.

[0045] The 2-N channel waveguide five e2 formed in substrate 9b so that an end might expose the 2nd waveguide mold light corpuscle child body (right-hand side of drawing) to one end-face 22b of substrate 9b, The 2x1 light distributor which multiplexes the signal light which connected with the outgoing end of the channel waveguide five e2, and the input edge inputted (it forms so that the ON appearance side of 1 may become opposite 3d of 1x2 light distributors.) The channel waveguide 5c2 of N book with which an input edge is connected to the outgoing end of 2 3d of each 2x1 light distributor, and predetermined die-length [every] die length differs, The Nx1 light distributor with which it connects with the outgoing end of the channel waveguide 5c2, and an input edge multiplexes the signal light of N individual (it forms so that the I/O side of the 1xN light distributor 3c1 may become opposite.) 3c2 and an input edge are connected to the outgoing end of the Nx1 light distributor 3c2, and it consists of channel waveguides 2 for an output formed in substrate 9b so that an outgoing end might be exposed to the other-end side (drawing right end side) of substrate 9b.

[0046] It is formed so that it may become spacing equal [spacing / in / it is perpendicular to end-face 22of substrate 9b b, and / waveguide end-face 22b of the channel waveguide five e2] to spacing in waveguide end-face 22a of the channel waveguide five e1 of the 1st waveguide mold light corpuscle child body near the input end-face 22b of the channel waveguide five e2.

[0047] Optical phase-shifter 11b consists of substrate 9cb, channel waveguide 7b formed so that it might become spacing in other end side 22a of the channel waveguide five e1 of parallel and the 1st waveguide mold light corpuscle child body, and equal spacing on substrate 9cb, and electrode 10b formed on channel waveguide 7b, respectively.

[0048] One zero-order actuation Mach-Zehnder interferometer 21 is constituted by making into a lot two light phase-shifter 11b which adjoined 2, and the channel waveguide five e1 and five e2 3d [of optical distributors] 1 or 3d.

[0049] The same effectiveness as the waveguide mold light corpuscle child who showed such a waveguide mold light corpuscle child to drawing 1 is acquired.

[0050] Drawing 3 is the top view showing the gestalt of the 3rd operation of the waveguide mold light corpuscle child of this invention.

[0051] This waveguide mold light corpuscle child is a transversal mold adjustable gain equalizer, used to form two or more optical phase-shifter 11c in nine cc of substrates which become two waveguide mold light corpuscle child bodies which used the quartz as Substrates 9a and 9b like the gestalt of operation shown in drawing 1 , the 1st and the 2nd, from LiNbO3, and used to connect with them by the waveguide end faces 22a and 22b.

[0052] The channel waveguide 1 (1a, 1b) for an input formed in substrate 9a so that an input edge might expose the 1st waveguide mold light corpuscle child body (left-hand side of drawing) to one end face (drawing left end side) of substrate 9a, The 2x2 light distributor three a1 by which the outgoing end of the channel waveguide 1 for an input was connected to the input edge, 5g of two channel waveguides formed in substrate 9a so that an input edge might be connected to the outgoing end of a 2x2 light distributor, die length might differ and an outgoing end might be exposed to other-end side 22of substrate 9a a, Two channel waveguides 5i1 formed in substrate 9a so that an input edge might be exposed to other-end side 22of substrate 9a a, The 2x2 light distributor three a2 by which the input edge was connected to the channel waveguide 5i1, An input edge is connected to the outgoing end of the 2x2 light distributor three a2, it is formed in substrate 9b so that an outgoing end may be exposed to other-end side 22of substrate 9a a, and it is turned up by substantially V-shaped (on drawing), and the abbreviation mold for J characters (under drawing), and consists of 1 5h of two channel waveguides from which die length differs.

[0053] With two channel waveguide 5 i2 formed in substrate 9b so that an input edge might expose the 2nd waveguide mold light corpuscle child body (right-hand side of drawing) to one end-face 22b of substrate 9b The 2x2 light distributor three a3 by which the input edge was connected to the outgoing end of channel waveguide 5 i2, An input edge is connected to the outgoing end of the 2x2 light distributor three a3, and it is formed in substrate 9b so that an outgoing end may be exposed to one end-face 22b of substrate 9b. 5h of two channel waveguides from which it is turned up by the abbreviation configuration for J characters and (on drawing), and the **** type (under drawing), and die length differs 2, Two channel waveguides 5i3 formed in substrate 9b so that an input edge might be exposed to one end-face 22b of substrate 9b, The 2x2 light distributor three a4 by which the input edge was connected to the

outgoing end of the channel waveguide 5i3, An input edge is connected to the outgoing end of the 2x2 light distributor three a4, and it consists of two channel waveguides 2 (2a, 2b) for an output formed in substrate 9b so that the other end might be exposed to the other-end side of substrate 9b.

[0054] Spacing in waveguide end-face 22b of channel waveguide 5i2, 5h2, and 5i3 is formed so that it may become equal to spacing of 5g of channel waveguides in the waveguide end face 22 of the 1st waveguide mold light corpuscle child body, 5i1, and 5h1.

[0055] Optical phase-shifter 11c consists of nine cc of substrates, channel waveguide 7c formed in nine cc of substrates, and electrode 10c formed on each channel waveguide 7c. Spacing of channel waveguide 7c is formed so that it may become equal to spacing of 5g of channel waveguides in waveguide end-face 22a of the 1st waveguide mold light corpuscle child body, 5i1, and 5h1.

[0056] The same effectiveness as the waveguide mold light corpuscle child who showed such a waveguide mold light corpuscle child to drawing 1 is acquired.

[0057] Drawing 4 is the top view showing the gestalt of the 4th operation of the waveguide mold light corpuscle child of this invention.

[0058] Although this waveguide mold light corpuscle child is a Mach TSUENDA mold adjustable gain equalizer and has the same circuitry as the gestalt of operation shown in drawing 1, it is characterized by the channel waveguide 5j1, 5j2, 5k1, 5k2, and 7d inclining to the waveguide end faces 22a and 22b in the waveguide end faces 22a and 22b.

[0059] That is, in the connection end face with the 7d [of channel waveguides], 1st, and 2nd waveguide mold light corpuscle child bodies with which 11d of optical phase shifters was formed, in order that each channel waveguide 5j1, 5j2, 5k1, 5k2, and 7d may prevent reflective return light, it connects aslant to the connection end faces 22a and 22b.

[0060] 7d of about 5 degrees of channel waveguides of 9 cds of substrates which consist of LiNbO3 inclines to the normal of the waveguide end faces 22a and 22b, and the channel waveguide 5j1 of the substrates 9a and 9b which consist of a quartz, 5j2, 5k1, and 5k2 [about 7.5-degree] incline to the normal of the waveguide end faces 22a and 22b. With LiNbO3 and a quartz, since refractive indexes differ greatly (about 2.14 quartz is about 1.45 for LiNbO3), Fresnel reflection arises in the waveguide end faces 22a and 22b. Therefore, to 0 degree 22a and 22b, i.e., waveguide end faces, the reflected light from the waveguide end faces 22a and 22b will guide [the channel waveguide 5j1, 5j2, 5k1, 5k2, and the include angle to the normal of the 7d end faces 22a and 22b] the channel waveguide 5j1, 5j2, 5k1, and 5k2 as it is perpendicular, and the reflective return light as a component will become large.

[0061] Then, the channel waveguide 5j1, 5j2, 5k1, 5k2, and 7d were made to incline to the normal of end faces 22a and 22b, and reflective return light is prevented so that the reflected light may not combine with the trapped mode of the channel waveguide 5j1, 5j2, 5k1, and 5k2.

[0062] In addition, the same effectiveness as the waveguide mold light corpuscle child who showed such a waveguide mold light corpuscle child to drawing 1 is acquired. Moreover, invention concerning the gestalt of this 4th operation is applicable also in the waveguide mold light corpuscle child who showed with the gestalt of the 2nd and the 3rd operation.

[0063] Here, as for an optical phase shifter, it is desirable to constitute from an ingredient which has the big electro-optical effect. As an ingredient, compound semiconductors, such as a ferroelectric crystal, an InP system, and a GaAs system, a polymer, etc. are mentioned other than the above-mentioned LiNbO3. Moreover, the ingredients (for example, Xtal, ZnO, etc.) which have a photoelastic effect other than the ingredient which has the electro-optical effect, and the ingredients (for example, YIG (yttrium iron garnet) etc.) which have the magneto-optical effect may be used for the ingredient of an optical phase shifter.

[0064] The waveguide mold light corpuscle child of this invention is available in the adjustable gain equalizer used for an optical multiplex transmission system, wavelength dispersion and a polarization distribution compensator, a good light variation filter, a light wave length multi/demultiplexer, an Add/Drop filter, etc.

[0065]

[Effect of the Invention] In short, according to this invention, offer of a waveguide mold light corpuscle child with the easy phase control in an interference machine and easy acquiring a desired optical frequency property is above realizable.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the top view showing the gestalt of the 1st operation of the waveguide mold light corpuscle child of this invention.

[Drawing 2] It is the top view showing the gestalt of the 2nd operation of the waveguide mold light corpuscle child of this invention.

[Drawing 3] It is the top view showing the gestalt of the 3rd operation of the waveguide mold light corpuscle child of this invention.

[Drawing 4] It is the top view showing the gestalt of the 4th operation of the waveguide mold light corpuscle child of this invention.

[Drawing 5] It is the top view which is used in order to control a frequency-loss property and in which showing the conventional example of the Mach TSUENDA mold adjustable gain equalizer using the quartz system PLC.

[Drawing 6] It is the top view showing the conventional example of a transversal mold adjustable gain equalizer.

[Drawing 7] It is the top view showing the conventional example of a lattice mold adjustable gain equalizer.

[Description of Notations]

1 (1a, 1b) Channel waveguide for an input

2 (2a, 2b) Channel waveguide for an output

Three a1, three a2, three b1 to 3b4 Optical distributor

Four a1, four a2, five a1, five a2, 7a Channel waveguide

Six a1, six a2 Array waveguide mold optical multiplexer/demultiplexer

9a, 9b, 9ca Substrate

10a Electrode

11a An optical phase shifter

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-167221

(P2003-167221A)

(43) 公開日 平成15年6月13日 (2003.6.13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 F	1/01	G 0 2 F 1/01	C 2 H 0 4 7
G 0 2 B	6/12	1/025	2 H 0 7 9
G 0 2 F	1/025	1/035	2 K 0 0 2
	1/035	1/065	
	1/065	1/095	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-367219 (P2001-367219)

(22) 出願日 平成13年11月30日 (2001.11.30)

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区大手町一丁目6番1号

(72) 発明者 丸 浩一

東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日

立電線株式会社内

(72) 発明者 大川 正浩

東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日

立電線株式会社内

(74) 代理人 100068021

弁理士 網谷 信雄

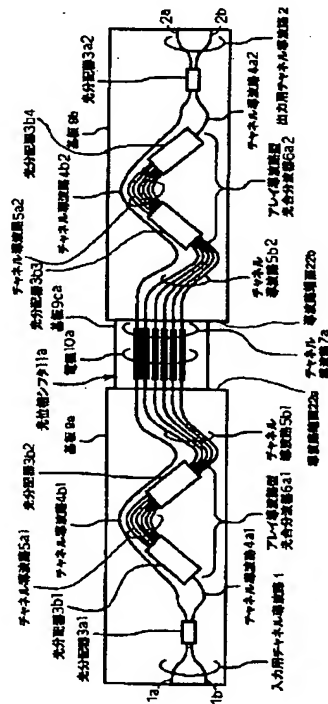
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導波路型光素子

(57) 【要約】

【課題】 干渉器における位相制御が容易で所望の光周波数特性を得るのが容易な導波路型光素子を提供する。

【解決手段】 光位相シフタ11a (11b~11d) はヒータによる熱を利用するのではなく、電気光学効果、光弾性効果若しくは磁気光学効果による屈折率変化を利用するので、ある光位相シフタ11a (11b~11d) が他の隣接する光位相シフタ11a (11b~11d) へ及ぼす影響はほとんど無視することができる。従って、位相制御が容易となり、所望の光周波数特性を得ることが容易となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数本のチャネル導波路が所定の間隔で隣接して配置され、該チャネル導波路上に電極が形成されてなる光位相シフタを含む導波路型光素子であって、前記光位相シフタが電気光学効果、光弾性効果若しくは磁気光学効果を有する基板材料で構成されていることを特徴とする導波路型光素子。

【請求項2】 上記導波路型光素子は、導波路型光素子本体と上記光位相シフタの別体で構成され、上記光位相シフタを構成するチャネル導波路と前記導波路型光素子本体との接続部端面において、各チャネル導波路は前記接続部端面に対して斜めに接続されている請求項1に記載の導波路型光素子。

【請求項3】 上記導波路型光素子本体は石英系材料からなる請求項1または2に記載の導波路型光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、導波路型光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信の分野においては、複数の信号を別々の波長の光にのせ、1本の光ファイバで伝送することにより情報容量を増加させる、いわゆる波長分割多重方式が検討されている。この波長分割多重方式において、信号劣化を抑えつつ信号の高速化、大容量化を実現するためには、中継点で接続された光ファイバアンプの利得特性を動的に平坦化する技術や伝送系で生じる光波長分散を補償する技術が重要な役割を果たす。利得特性の平坦化や分散補償を動的に行う光デバイスとして、様々な構成の可変利得等化器や分散補償器が提案されている。

【0003】特に、石英系プレーナ光波回路(PLC)を用い、マッハ・ツェンダ干渉計、アレイ導波路格子、リング共振器等の光干渉器を基本構造とし、これらの構造を構成するチャネル導波路の途中に光位相シフタを形成した導波路型光素子は、光位相シフタでの光位相変化によって様々な光周波数特性(周波数-損失特性及び周波数-分散特性)を実現でき、PLC形成技術の成熟に伴い活発な研究開発が進められている。

【0004】図5は周波数-損失特性を制御するために用いられる、石英系PLCを用いたマッハ・ツェンダ型可変利得等化器の従来例を示す平面図である。

【0005】本可変利得等化器は、2入力2出力の2×2光分配器3a1と2入力2出力の2×2光分配器3a2との間の導波路で構成されたマッハ・ツェンダ干渉計の一方(図では下方)のチャネル導波路4a1、4a2の途中に、光分配器3b1~3b4及び所定の長さずつ長さの異なるチャネル導波路5a1、5a2で構成されたアレイ導波路型光合分波器6a1、6a2を挿入したものである。

【0006】すなわち、本可変利得等化器は、入力端が基板9の一方の端面(図では左端面)に露出するように基板9に形成された2本の入力用チャネル導波路1(1a、1b)と、入力端が入力用チャネル導波路1の出力端に接続された2×2光分配器3a1と、入力端が2×2光分配器3a1の一方(図では下端)の出力端に接続されたチャネル導波路4a1と、入力端がチャネル導波路4a1の出力端に接続されたアレイ導波路型光合分波器6a1と、入力側がアレイ導波路型光合分波器6a1の出力端に接続された複数のチャネル導波路5bと、入力側がチャネル導波路5bの出力側に接続されたアレイ導波路型光合分波器6a2と、一方の入力端がアレイ導波路型光合分波器6a2の出力端に接続された2×2光分配器4a2と、入力端が2×2光分配器3a2の出力端に接続され出力端が基板9の他方の端面(図では右端面)に露出するように形成された2本の出力用チャネル導波路2(2a、2b)と、2×2光分配器3a1の他方の出力端(図では上側)と2×2光分配器3a2の他方の入力端(図では上側)との間に接続されたチャネル導波路4bと、チャネル導波路4b、5bの一部を覆うように形成されたヒータ8とで構成されている。

【0007】本可変利得等化器ではチャネル導波路4b、5bとヒータ8とで光位相シフタが構成されている。

【0008】入力信号光はマッハ・ツェンダ干渉計の両方のチャネル導波路4a1、4bに分配される。一方の信号光はアレイ導波路型光合分波器6a1により波長ごとに分波され、途中の光位相シフタにより位相変化を受け、再びアレイ導波路型光合分波器6a2により合波される。この合波光と、チャネル導波路4bを通過した光とが干渉し合って出力用チャネル導波路2から出力する。

【0009】ここで、各ヒータ8に印加する電流を調整することにより、信号光の位相が調整され、波長ごとに干渉状態が変化し、様々な光周波数特性を実現することができる。本回路構成に関しては、C. R. Doerrらによる"Integrated WDM dynamic power equalizer with potentially low insertion loss", IEEE Photon. Technol. Lett., Vol. 10, No. 10, pp. 1443-1445, 1998に詳しく述べられている。

【0010】図6はトランスバーサル型可変利得等化器の従来例を示す平面図である。

【0011】本可変利得等化器は、入力端が基板9の一方の端面(図では左端面)に露出するように基板9に形成された入力用チャネル導波路1と、入力端が入力用チャネル導波路1の他端(図では右端)に接続され入力した信号光を5つに分配する1×5光分配器3c1と、入力端が1×5光分配器3c1の出力端に接続され所定の

長さずつ長さの異なる5本のチャネル導波路5c1と、チャネル導波路5c1の出力側に接続された複数の0次動作のマッハ・ツェンダ干渉計21と、入力側がマッハ・ツェンダ干渉計21の出力側に接続され所定の長さずつ長さの異なるチャネル導波路5c2と、チャネル導波路5c2の出力側に接続された5×1光分配器(1×5光分配器3c1の入出力側を反対に形成したものである。)3c2と、入力端が5×1光分配器3c2の出力端に接続され出力端が基板9の他方の端面(図では右端面)に露出するように基板9に形成された出力用チャネル導波路2とで構成されている。

【0012】マッハ・ツェンダ干渉計21は、基板9の中央に形成された5つの1入力2出力の1×2光分配器3d1と、1×2光分配器3d1と対向するように基板9上に形成された5つの2×1光分配器(1×2光分配器3d1の入出力側を反対に形成したものである。)3d2と、各1×2光分配器3d1と各2×1光分配器3d2との間に挿入された複数対のチャネル導波路5eと、各チャネル導波路5eの一部を覆うように配置された10個のヒータ8とで構成されている。このマッハ・ツェンダ干渉計21のチャネル導波路5e上にヒータ8を形成することで光位相シフタを構成している。

【0013】マッハ・ツェンダ干渉計21上のヒータ8に印加する電流を調整することにより、各チャネル導波路5eを通過する光の振幅と位相とを同時に調整することができる。出力光は、各チャネル導波路5c2を通過する光の振幅及び位相を成分とするフーリエ級数で表され、各ヒータ8の電流を調整することで様々な光周波数特性を実現することができる。

【0014】図7はラティス型可変利得等化器の従来例を示す平面図である。

【0015】本可変利得等化器は、マッハ・ツェンダ干渉計を直列接続した構成となっており、デジタルフィルタとして多用されるラティスフィルタと同様の回路構成となっている。

【0016】すなわち、本可変利得等化器は、入力端が基板9の一方の端面(図では左端面)に露出するように基板9に形成された2本の入力用チャネル導波路1(1a、1b)と、入力端が入力用チャネル導波路1の出力端に形成された2入力2出力の2×2光分配器3a1と、一端が2×2光分配器3a1の出力端に接続された2本のチャネル導波路5f1と、入力端がチャネル導波路5f1の出力端に接続された2×2光分配器3a2と、入力端が2×2光分配器3a2の出力端に接続された2本のチャネル導波路5f2と、入力端がチャネル導波路5f2の出力端に接続された2×2光分配器3a3、入力端が2×2光分配器3a3の出力端に接続された2本のチャネル導波路5f3と、入力端がチャネル導波路5f3の出力端に接続された2×2光分配器3a4と、入力端が2×2光分配器3a4の出力端に接続され

他端が基板9の他方の端面(図では右端面)に露出するように基板9に形成された2本の出力用チャネル導波路2(2a、2b)と、チャネル導波路5f1～5f3上にそれぞれ形成された6つのヒータ8a～8fとで構成されたものである。チャネル導波路5f1～5f3上にそれぞれヒータ8aから8fを形成することで光位相シフタを構成している。本可変利得等化器は、マッハ・ツェンダ干渉計上に形成されたヒータ8a～8fの電流を調整することにより、様々な光周波数特性を実現することができる。

【0017】本可変利得等化器の回路構成に関しては、L. Jungjiらによる"Synthesis of coherent two-port lattice-form optical delay-line circuit", J. Lightwave Technol., Vol. 13, No. 1, pp. 73-82, 1995に詳しく述べられている。

【0018】いずれの構成においても、ヒータに印加する電流を調整して光位相シフタにおける光の位相変化を調整し、所望の周波数-損失特性を実現することができる。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来の石英系PLCを用いた可変利得等化器や分散補償器では、位相調整方法として、上述のようにチャネル導波路上にヒータを形成し、ヒータに印加する電流を調整し、ヒータの発熱を調整する方法があった。本方法は、石英の熱光学効果による屈折率変化を利用している。

【0020】しかしながら、本方法では、ヒータから発生する熱を位相変化に利用するため、熱が光位相シフタ以外の導波路や他の光位相シフタまで拡散することが多い。

【0021】具体的には隣接する光位相シフタの間隔(チャネル導波路の間隔)がおよそ1mm以下になると、隣接する光位相シフタの間に熱の影響が生じてくる。例えば、隣接する光位相シフタの間隔が1mm以下の場合において、光位相シフタのヒータを加熱したときの当該光位相シフタの位相変動量を100%とすると、当該光位相シフタに隣接する光位相シフタもその位相変動量が10%以上となってしまう、隣接する光位相シフタ間の熱の影響を無視できなくなる。

【0022】このように、もしヒータで発生した熱が所望の光位相シフタ以外の導波路を加熱した場合、その光位相シフタを構成する導波路でも屈折率変化が生じ、所望の光位相シフタ以外でも位相変化が生じることになる。従って、干渉器における位相制御が困難となり、所望の光周波数特性を得ることが困難になってしまうという問題があった。

【0023】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、干渉器における位相制御が容易で所望の光周波数特

10

20

30

40

50

性を得るのが容易な導波路型光素子を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の導波路型光素子は、複数本のチャネル導波路が所定の間隔で隣接して配置され、チャネル導波路上に電極が形成されてなる光位相シフタを含む導波路型光素子であって、光位相シフタが電気光学効果、光弾性効果若しくは磁気光学効果を有する基板材料で構成されているものである。

【0025】上記構成に加え本発明の導波路型光素子は、導波路型光素子本体と光位相シフタの別体で構成され、光位相シフタを構成するチャネル導波路と導波路型光素子本体との接続部端面において、各チャネル導波路は接続部端面に対して斜めに接続されている。

【0026】上記構成に加え本発明の導波路型光素子の導波路型光素子本体は石英系材料からなるのが好ましい。

【0027】本発明によれば、光位相シフタはヒータによる熱を利用するのではなく、電気光学効果、光弾性効果若しくは磁気光学効果による屈折率変化を利用するので、ある光位相シフタが他の隣接する光位相シフタへ及ぼす影響はほとんど無視することができる。従って、位相制御が容易となり、所望の光周波数特性を得ることが容易となる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0029】図1は本発明の導波路型光素子の第1の実施の形態を示す平面図である。なお、従来例と同様の部材には共通の符号を用いた。

【0030】本導波路型光素子は、マッハ・ツェンダ型可変利得等化器であり、第1の導波路型光素子本体（図の左側）と、第2の導波路型光素子本体（図の右側）とがそれぞれ異なる基板上に形成され、第1及び第2の導波路型光素子本体とが電気光学効果を有する材料で構成された光位相シフタ（図の中央）で接続されたものである。

【0031】第1の導波路型光素子本体は、マッハ・ツェンダ干渉計の一方のチャネル導波路4a1の途中にアレイ導波路型光合分波器6a1を挿入したものであり、一端が石英からなる基板9aの一方の端面（図では左端面）に露出するように基板9aに形成された2本の入力用チャネル導波路1（1a、1b）と、入力端が入力用チャネル導波路1の他端に接続された2×2光分配器3a1と、入力端が2×2光分配器3a1の一方（図では下端）の出力端に接続されたアレイ導波路型光合分波器6a1と、入力側がアレイ導波路型光合分波器6a1の出力端に接続され出力側が基板9aの他方の端面22aに露出するように基板9aに形成された複数（図では5

本であるが限定されない。）のチャネル導波路5b1と、一端が2×2光分配器3a1の他方（図では上側）の出力端に接続され、他端が基板9aの他方の端面22aに露出するように基板9aに形成されたチャネル導波路4b1とで構成されている。

【0032】チャネル導波路4b1、5b1の出力端近傍は基板9aの他端の端面22aに対して垂直になるように形成されている。また、チャネル導波路4b1、5b1は所定の長さずつ長さが異なっている。

10 【0033】第2の導波路型光素子本体は、マッハ・ツェンダ干渉計の一方のチャネル導波路4a2の途中にアレイ導波路型光合分波器6a2を挿入したものであり、入力側が石英からなる基板9bの一方の端面22bに露出するように基板9bに形成された複数（図では5本であるが限定されない。）のチャネル導波路5b2と、入力端がチャネル導波路5b2の他端に接続されたアレイ導波路型光合分波器6a2と、入力端がアレイ導波路型光合分波器6a2の出力端に接続されたチャネル導波路4a2と、一方の入力端（図では下側）がチャネル導波路4a2の出力端に接続された2×2光分配器3a2と、一端が基板9bの一方の端面22bに露出するように基板9bに形成され他端が2×2光分配器3a2の他方の入力端（図では上側）に接続されたチャネル導波路4b2と、入力端が2×2光分配器3a2の出力端に接続され他端が基板9bの他方の端面（図では右端面）に露出するように形成された2本の出力用チャネル導波路2（2a、2b）とで構成されている。

【0034】チャネル導波路4b2、5b2の入力端近傍は基板9bの端面22bに対して垂直であり、かつ第1の導波路型光素子本体のチャネル導波路4b1、5b1の他端側近傍の間隔と等しい間隔になるように形成されている。また、チャネル導波路5b2、5a2は所定の長さずつ長さが異なっている。

【0035】光位相シフタ11aは、電気光学効果を有する材料としての電気光学結晶であるニオブ酸リチウム（ LiNbO_3 ）からなる基板9caと、基板9ca上に平行、かつ第1の導波路型光素子本体のチャネル導波路4b1、5b1の他端面22a側近傍の間隔と等しい間隔になるように形成されたチャネル導波路7aと、チャネル導波路7aの上にそれぞれ形成された電極10aとで構成されている。

【0036】次に本導波路型光素子の動作について説明する。

【0037】入力用チャネル導波路1に入力した信号光はマッハ・ツェンダ干渉計（第1の導波路型光素子本体）の2×2光分配器3a1で2つに分配され、2つのチャネル導波路4a1、4b1を通る。

【0038】2つのチャネル導波路4a1、4b1を通る信号光のうち、一方の信号光は、アレイ導波路型光合分波器6a1により波長ごとに分波され、チャネル導波

路5b1をそれぞれ通って光シフタ11aの各チャネル導波路7aに入力する。チャネル導波路7aを通る信号光は光位相シフタ11aで位相変化を受け、第2の導波路型光素子本体のチャネル導波路5b2を通してアレ導波路型光合分波器6a2により合波され2×2光分配器3a2に入力する。

【0039】2つのチャネル導波路4a1、4b1を通る信号光のうち、他方の信号光は、第1の導波路型光素子本体のチャネル導波路4b1を通った後、光位相シフタ11aで位相変化を受け、第2の導波路型光素子本体のチャネル導波路4b2を通り、2×2光分配器3a2に入力してアレ導波路型光合分波器6a2からの信号光と干渉して出力用チャネル導波路2から出力する。

【0040】ここで、各光位相シフタ11aのチャネル導波路7a上に形成された電極10aに印加される電圧を調整することで位相が調整され、波長ごとに干渉状態が変化し、様々な光周波特性を実現することができる。

【0041】本導波路型光素子の光位相シフタ11aは、熱を利用するのではなく、電気光学効果による屈折率変化を利用するので、ある光位相シフタ11aが他の隣接する光位相シフタ11aへ及ぼす影響はほとんど無視できる。具体的には、少なくとも100μm程度まで光位相シフタの間隔を近づけても隣接する光位相シフタへの影響は無視できるくらいに小さいことを確認した。従って、位相制御が容易となり、所望の光周波数特性を容易に得ることができる。また、光位相シフタの間隔を格段に狭くできるので、導波路型光素子の小型化も同時に達成できるのである。

【0042】図2は本発明の導波路型光素子の第2の実施の形態を示す平面図である。

【0043】本導波路型光素子は、トランスバーサル型可変利得等化器であり、図1に示した導波路型光素子と同様に、石英を基板とする第1及び第2の導波路型光素子本体（図の両側）と、第1及び第2の導波路型光素子本体との間に接続されたLiNbO₃を基板とする光位相シフタ（図の中央）とで構成されている。

【0044】第1の導波路型光素子本体（図の左側）は、一端（図では左端）が基板9aの一方の端面に露出するように基板9aに形成された入力用チャネル導波路1と、入力端が入力用チャネル導波路1の他端に接続され入力した信号光を複数N（図では5つであるが限定されない。）に分配する1×N光分配器3c1と、入力端が1×N光分配器3c1の出力端に接続され所定の長さずつ長さの異なるN本のチャネル導波路5c1と、入力端が各チャネル導波路5c1の他端に接続され入力した信号光を2つに分配する1×2光分配器3d1と、入力端が1×2光分配器3d1の出力端にそれぞれ接続され他端が基板9aの他方の端面22aに露出するように基板9aに形成された2N本のチャネル導波路5e1とで構成されている。

【0045】第2の導波路型光素子本体（図の右側）は、一端が基板9bの一方の端面22bに露出するように基板9bに形成された2N本のチャネル導波路5e2と、入力端がチャネル導波路5e2の出力端に接続され入力した信号光を合波する2×1光分配器（1×2光分配器3d1の入出力側が反対になるように形成したものである。）と、入力端が各2×1光分配器3d2の出力端に接続され所定の長さずつ長さの異なるN本のチャネル導波路5c2と、入力端がチャネル導波路5c2の出力端に接続されN個の信号光を合波するN×1光分配器（1×N光分配器3c1の入出力側が反対になるように形成したものである。）3c2と、入力端がN×1光分配器3c2の出力端に接続され、出力端が基板9bの他方の端面（図では右端面）に露出するように基板9bに形成された出力用チャネル導波路2とで構成されている。

【0046】チャネル導波路5e2の入力端面22bの近傍は基板9bの端面22bに対して垂直であり、チャネル導波路5e2の導波路端面22bにおける間隔は、第1の導波路型光素子本体のチャネル導波路5e1の導波路端面22aにおける間隔と等しい間隔になるように形成されている。

【0047】光位相シフタ11bは、基板9cbと、基板9cb上に平行、かつ第1の導波路型光素子本体のチャネル導波路5e1の他端面22aにおける間隔と等しい間隔になるように形成されたチャネル導波路7bと、チャネル導波路7bの上にそれぞれ形成された電極10bとで構成されている。

【0048】光分配器3d1、3d2と、チャネル導波路5e1、5e2と、隣接した2つの光位相シフタ11bを一組として、1つの0次動作マッハ・ツェンダ干渉計21が構成されている。

【0049】このような導波路型光素子においても図1に示した導波路型光素子と同様の効果が得られる。

【0050】図3は本発明の導波路型光素子の第3の実施の形態を示す平面図である。

【0051】本導波路型光素子はトランスバーサル型可変利得等化器であり、図1に示した実施の形態と同様に石英を基板9a、9bとした2つの第1及び第2の導波路型光素子本体と、LiNbO₃からなる基板9ccに複数の光位相シフタ11cを形成し、導波路端面22a、22bで接続したものである。

【0052】第1の導波路型光素子本体（図の左側）は、基板9aの一方の端面（図では左端面）に入力端が露出するように基板9aに形成された入力用チャネル導波路1（1a、1b）と、入力端が1×2光分配器3a1と、入力端が2×2光分配器の出力端に接続され長さが異なり、出力端が基板9aの他方の端面22aに露出するように基板9aに形成された2本のチャネル導波路5g

と、入力端が基板9aの他方の端面22aに露出するように基板9aに形成された2本のチャネル導波路5i1と、入力端がチャネル導波路5i1に接続された2×2光分配器3a2と、入力端が2×2光分配器3a2の出力端に接続され、出力端が基板9aの他方の端面22aに露出するように基板9bに形成され、略山型(図の上側)及び略J字型(図の下側)に折り返され、長さの異なる2本のチャネル導波路5h1とで構成されている。

【0053】第2の導波路型光素子本体(図の右側)は、入力端が基板9bの一方の端面22bに露出するように基板9bに形成された2本のチャネル導波路5i2と、入力端がチャネル導波路5i2の出力端に接続された2×2光分配器3a3と、入力端が2×2光分配器3a3の出力端に接続され、出力端が基板9bの一方の端面22bに露出するように基板9bに形成され、略J形状(図の上側)及び略谷型(図の下側)に折り返され、長さの異なる2本のチャネル導波路5h2と、入力端が基板9bの一方の端面22bに露出するように基板9bに形成された2本のチャネル導波路5i3と、入力端がチャネル導波路5i3の出力端に接続された2×2光分配器3a4と、入力端が2×2光分配器3a4の出力端に接続され、他端が基板9bの他方の端面に露出するように基板9bに形成された2本の出力用チャネル導波路2(2a、2b)とで構成されている。

【0054】チャネル導波路5i2、5h2、5i3の導波路端面22bにおける間隔は、第1の導波路型光素子本体の導波路端面22におけるチャネル導波路5g、5i1、5h1の間隔と等しくなるように形成されている。

【0055】光位相シフタ11cは、基板9ccと、基板9ccに形成されたチャネル導波路7cと、各チャネル導波路7c上に形成された電極10cとで構成されている。チャネル導波路7cの間隔は、第1の導波路型光素子本体の導波路端面22aにおけるチャネル導波路5g、5i1、5h1の間隔と等しくなるように形成されている。

【0056】このような導波路型光素子においても図1に示した導波路型光素子と同様の効果が得られる。

【0057】図4は本発明の導波路型光素子の第4の実施の形態を示す平面図である。

【0058】本導波路型光素子はマッハ・ツェンダ型可変利得等化器であり、図1に示した実施の形態と同様の回路構成を有するが、導波路端面22a、22bにおいてチャネル導波路5j1、5j2、5k1、5k2、7dが導波路端面22a、22bに対して傾斜していることを特徴としている。

【0059】すなわち、光位相シフタ11dが形成されたチャネル導波路7dと第1及び第2の導波路型光素子本体との接続部端面において、各チャネル導波路5j1、5j2、5k1、5k2、7dが反射戻り光を防止

するため接続部端面22a、22bに対して斜めに接続されているのである。

【0060】LiNbO₃からなる基板9cdのチャネル導波路7dは導波路端面22a、22bの法線に対し約5°傾斜し、石英からなる基板9a、9bのチャネル導波路5j1、5j2、5k1、5k2は導波路端面22a、22bの法線に対して約7.5°傾斜している。LiNbO₃と石英とでは屈折率が大きく異なるため(LiNbO₃は約2.14、石英は約1.45)、導波路端面22a、22bにおいてフレネル反射が生じる。従って、チャネル導波路5j1、5j2、5k1、5k2、7dの端面22a、22bの法線に対する角度が0°、すなわち導波路端面22a、22bに対し垂直であると、導波路端面22a、22bからの反射光がチャネル導波路5j1、5j2、5k1、5k2を導波し、素子としての反射戻り光が大きくなってしまふ。

【0061】そこで、チャネル導波路5j1、5j2、5k1、5k2、7dを端面22a、22bの法線に対して傾斜させ、反射光がチャネル導波路5j1、5j2、5k1、5k2の導波モードに結合しないように反射戻り光を防止している。

【0062】なお、このような導波路型光素子においても図1に示した導波路型光素子と同様の効果が得られる。また、この第4の実施の形態に係わる発明は、第2及び第3の実施の形態で示した導波路型光素子においても適用可能である。

【0063】ここで、光位相シフタは、大きな電気光学効果を有する材料で構成することが好ましい。材料としては、前述のLiNbO₃の他に、強誘電体結晶、InP系やGaAs系等の化合物半導体、ポリマ等が挙げられる。また、光位相シフタの材料には電気光学効果を有する材料の他に、光弾性効果を有する材料(例えば水晶、ZnO等)、磁気光学効果を有する材料(例えばYIG(イットリウム鉄ガーネット)等)を用いてもよい。

【0064】本発明の導波路型光素子は、光多重伝送システムに用いられる、可変利得等化器、波長分散や偏波分散補償器、可変光フィルタ、光波長合分波器、Add/Dropフィルタ等に利用可能である。

【0065】

【発明の効果】以上要するに本発明によれば、干渉器における位相制御が容易で所望の光周波数特性を得るのが容易な導波路型光素子の提供を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の導波路型光素子の第1の実施の形態を示す平面図である。

【図2】本発明の導波路型光素子の第2の実施の形態を示す平面図である。

【図3】本発明の導波路型光素子の第3の実施の形態を示す平面図である。

11

12

【図4】本発明の導波路型光素子の第4の実施の形態を示す平面図である。

【図5】周波数-損失特性を制御するために用いられる、石英系PLCを用いたマッハ・ツェンダ型可変利得等化器の従来例を示す平面図である。

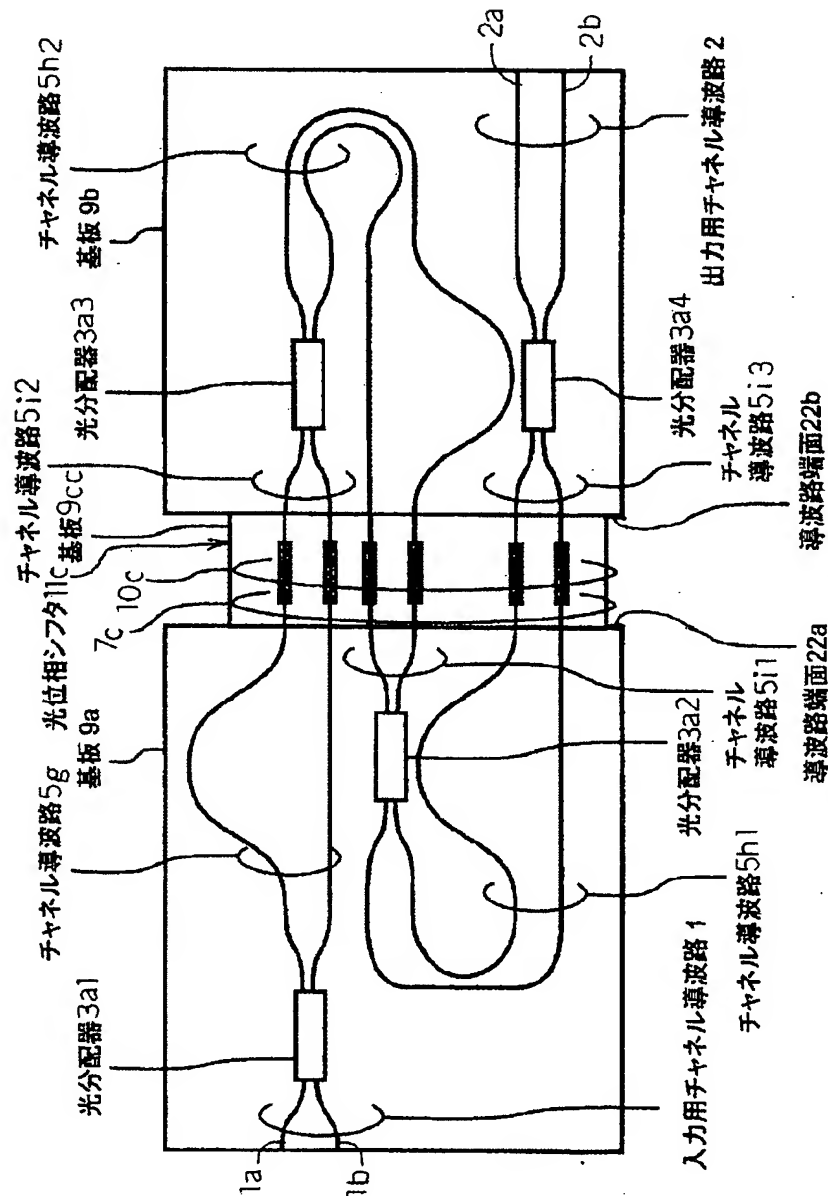
【図6】トランスバーサル型可変利得等化器の従来例を示す平面図である。

【図7】ラティス型可変利得等化器の従来例を示す平面図である。

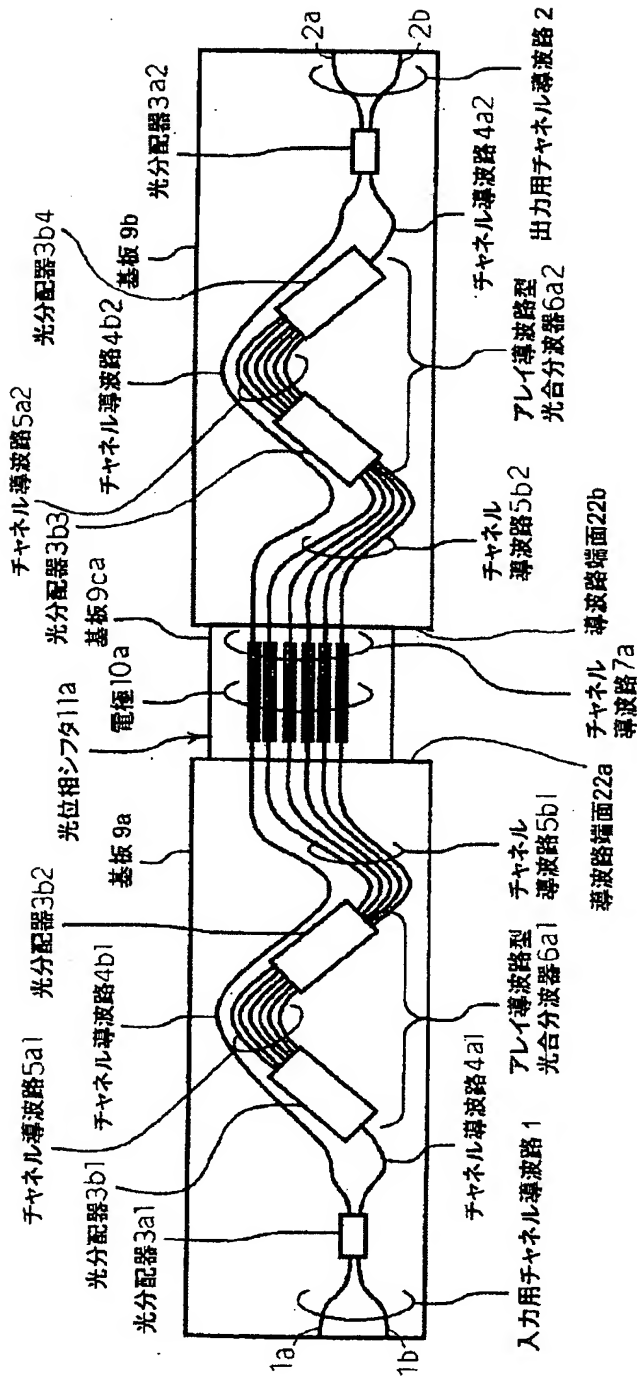
【符号の説明】

*10

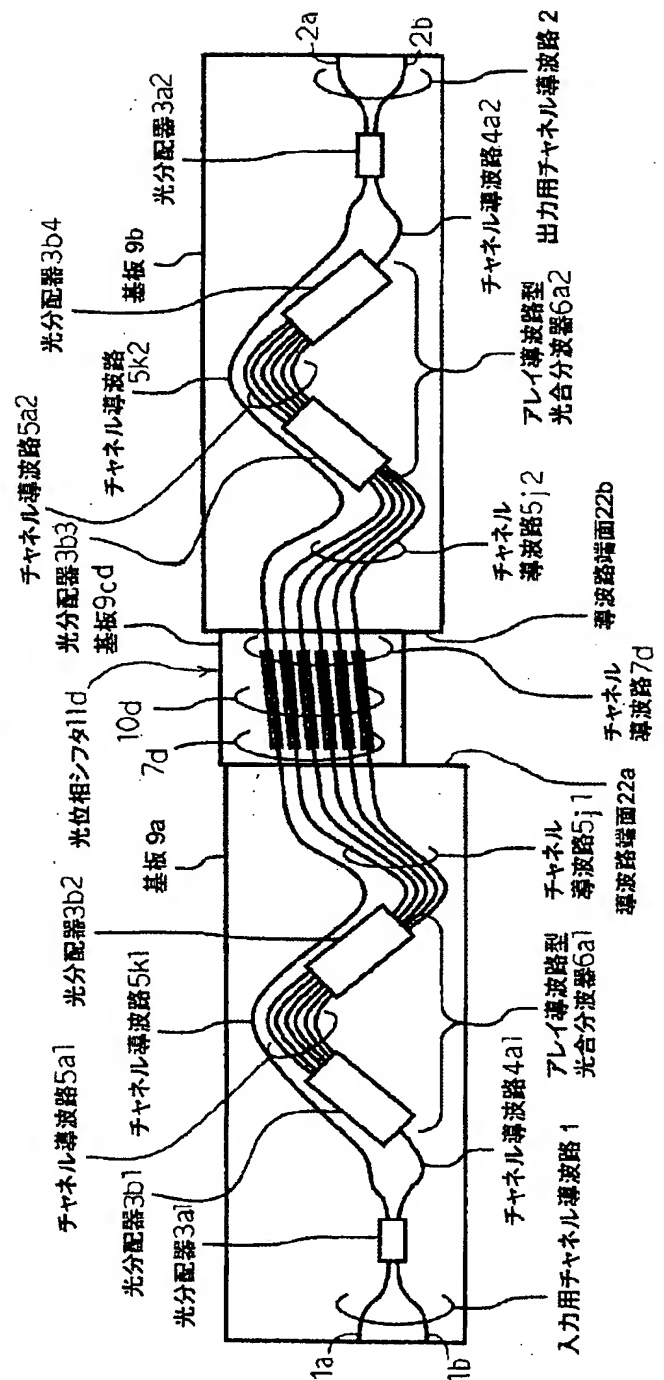
【図3】



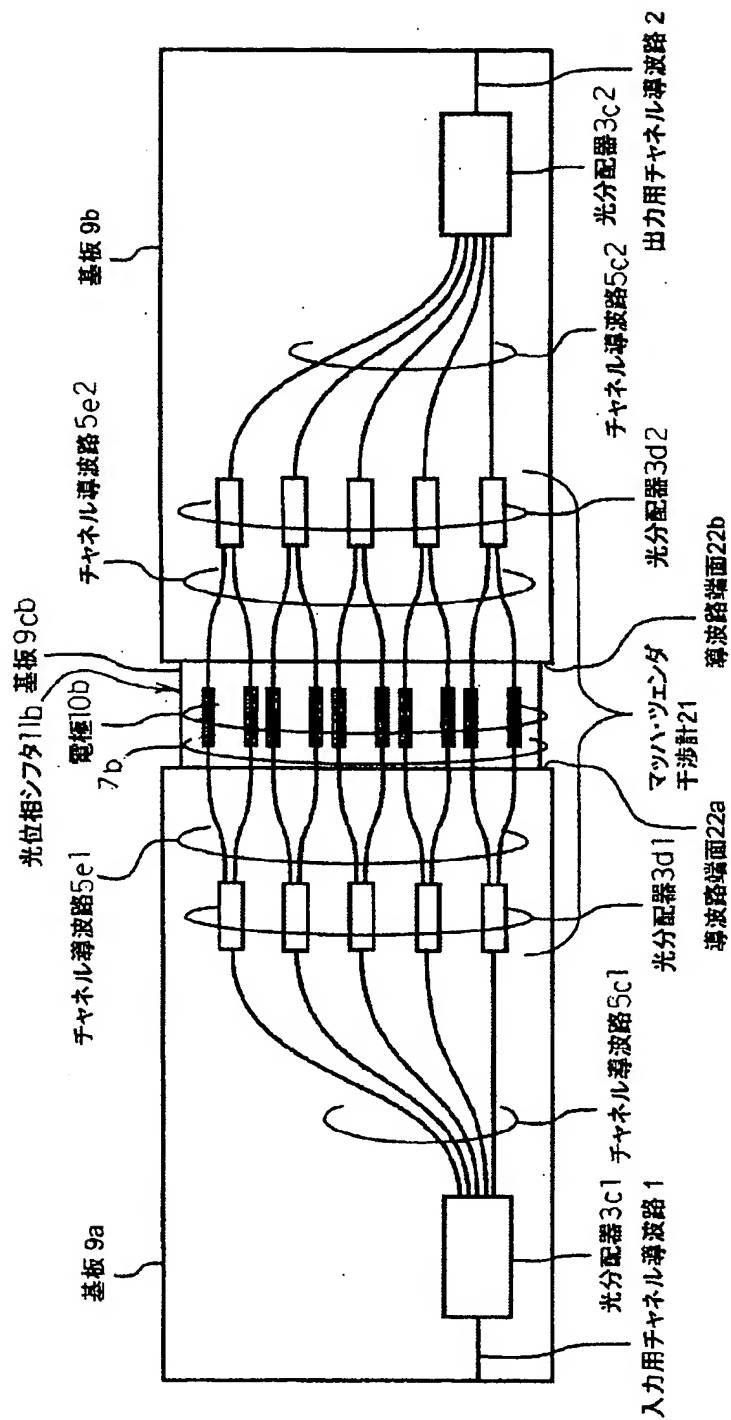
【図1】



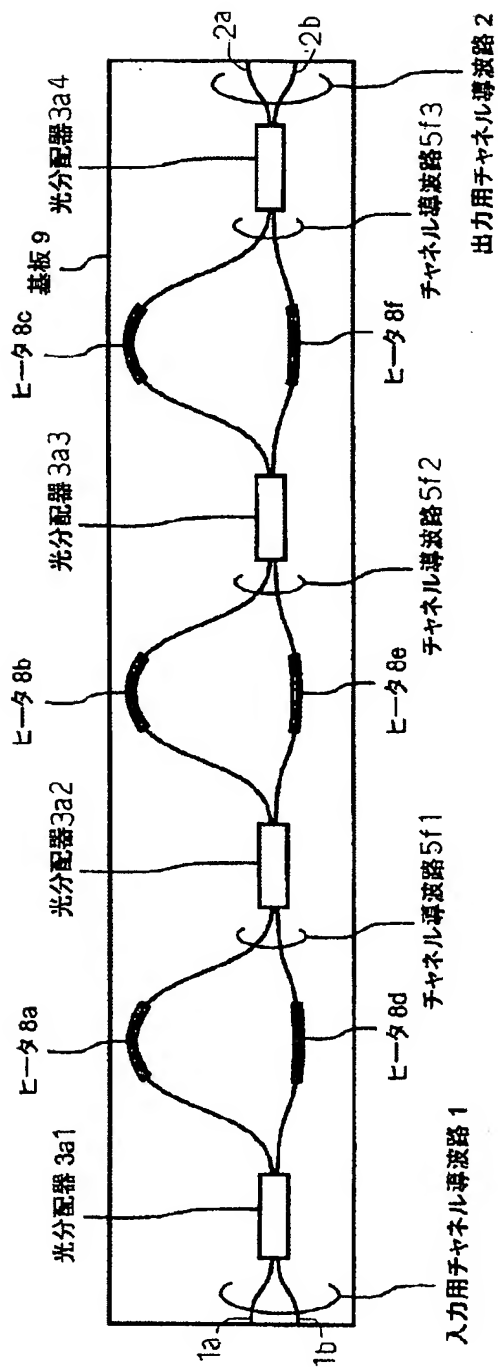
【図4】



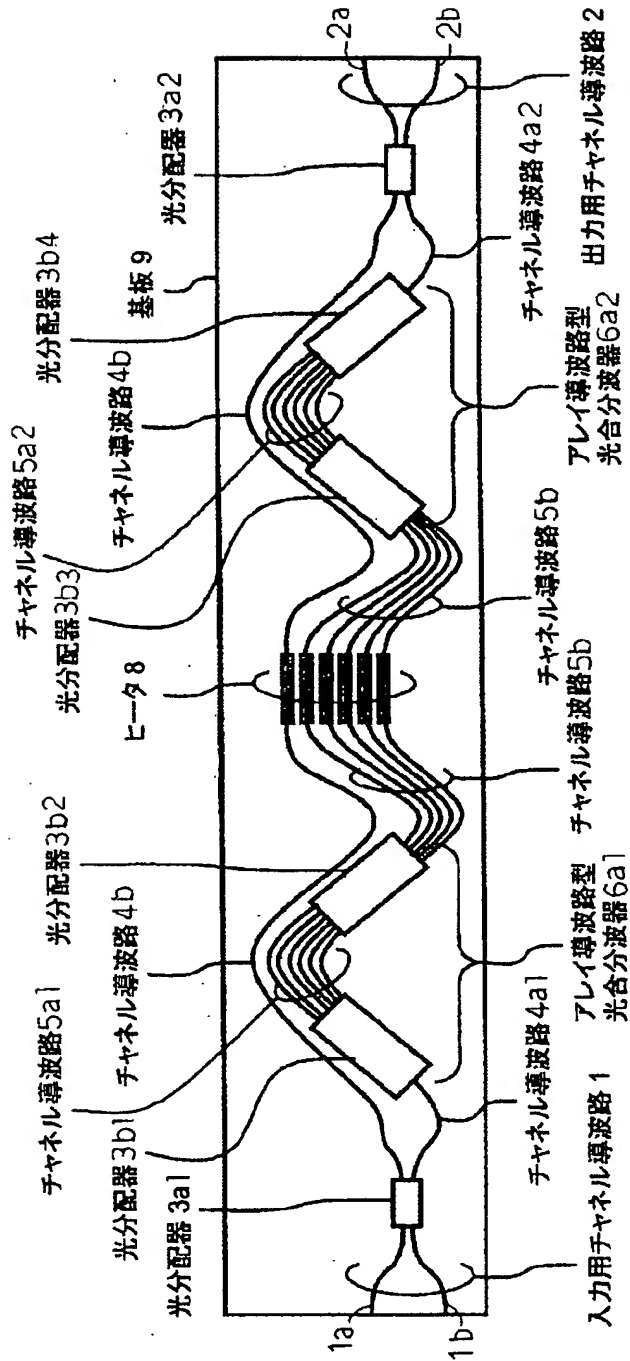
【圖2】



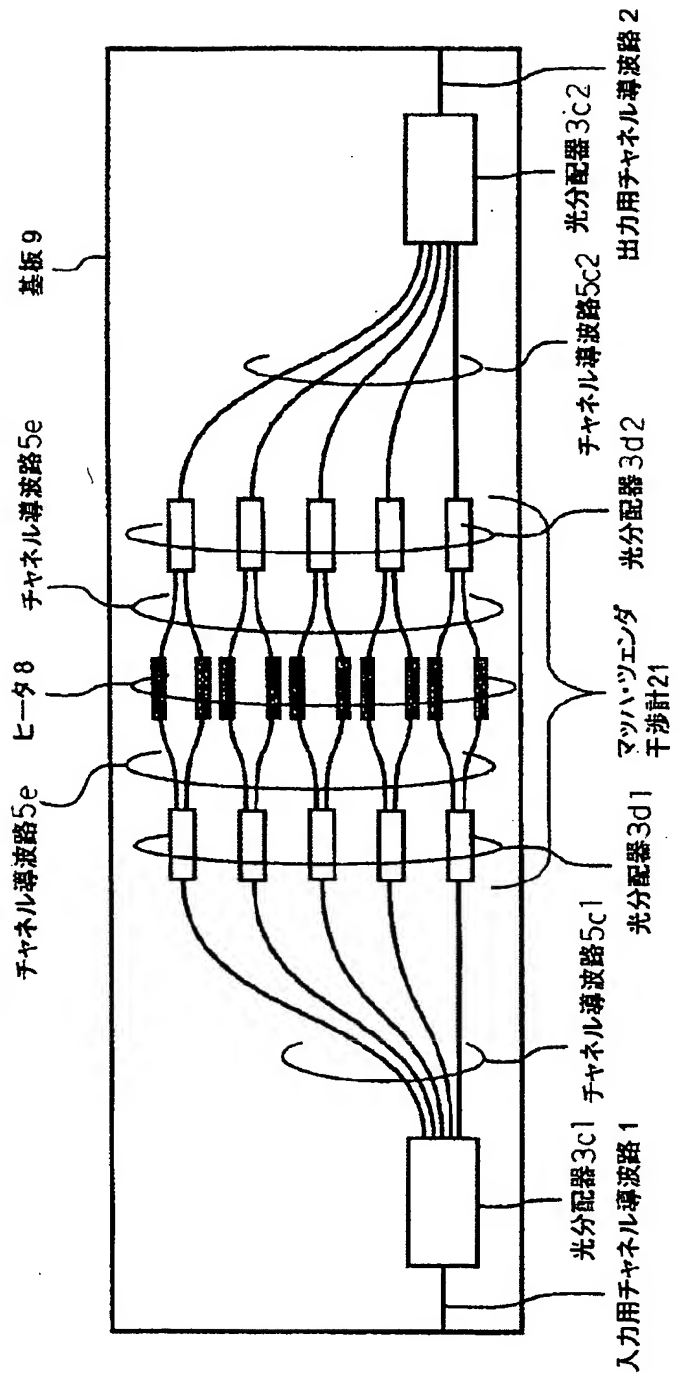
【圖 7】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

G 0 2 F 1/095
1/313

識別記号

F I

G 0 2 F 1/313
G 0 2 B 6/12

テーマコード (参考)

H

J
L

(72)発明者 千葉 貴史
東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日
立電線株式会社内

(72)発明者 上塚 尚登
東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日
立電線株式会社内

F ターム(参考) 2H047 KA03 KA12 KB09 LA18 NA01
NA02 NA06 QA04 TA11
2H079 AA02 AA03 AA07 AA12 BA01
CA05 DA03 DA12 DA16 GA04
GA05 KA20
2K002 AA02 AB04 BA06 BA11 BA12
CA02 CA03 CA13 DA06 EA04
EA10 EA25 HA03 HA05 HA09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.